

離散渦点法による偏平矩形断面の非定常空気力解析

京都大学工学部 正員 ○白土 博通
 同 正員 松本 勝
 同 正員 白石 成人

1. まえがき 剥離を伴う構造物周囲の流れの数値シミュレーションのうち、N-S 方程式に対する直接計算法 (Direct Simulation) は高 Re 数域まで適用可能であるものの、たとえば振動中の bluff body まわりの非定常流れを解析するためには、なお膨大な容量と計算時間を要するのが現状である。これに対し、離散渦点法 (Discrete Vortex Method) はポテンシャル流れを仮定しているため、乱流への適用性や物体表面近傍の流れに問題が指摘されているものの、計算が容易であることから上述のような非定常な流れの解析に有効であるものと考えられる。本研究では、偏平矩形断面まわりの非定常流れの数値シミュレーションの第1段階として離散渦点法¹⁾を適用し、風洞実験結果と比較・検討するものである。

2. 解析結果・考察 物体表面に近づいた放出渦点の処理についてはいくつかの方法が試みられているが、本研究では振動物体を扱うものについては渦を物体表面に沿って流下させる方法²⁾を、静止物体に対しては物体表面を貫通した渦を除去する方法³⁾をそれぞれ用いた。

曲げねじれ2自由度振動中の偏平矩形断面 (断面比 $B/D=20$) を対象に、断面周囲の流れおよび非定常空気力の解析を試みた。図-1には、非定常揚力、およびモーメントを非定常空気力係数⁴⁾のかたちにまとめたものを、実験値およびTheodorsen関数による理論値とともに示す。図より、渦点法による解析値は、たわみ変位 η およびねじれ変位速度 $\dot{\phi}$ に比例する成分 (H_2^* , H_4^* , A_2^* , A_4^*) は実験値や理論値に比べ異なる値を示すものの、他の成分 (H_1^* , H_3^* , A_1^* , A_3^*) はかなり近い値が得られている。

断面がさらに bluff になった場合には、渦励振やねじれフラッターなどのように、断面近傍の剥

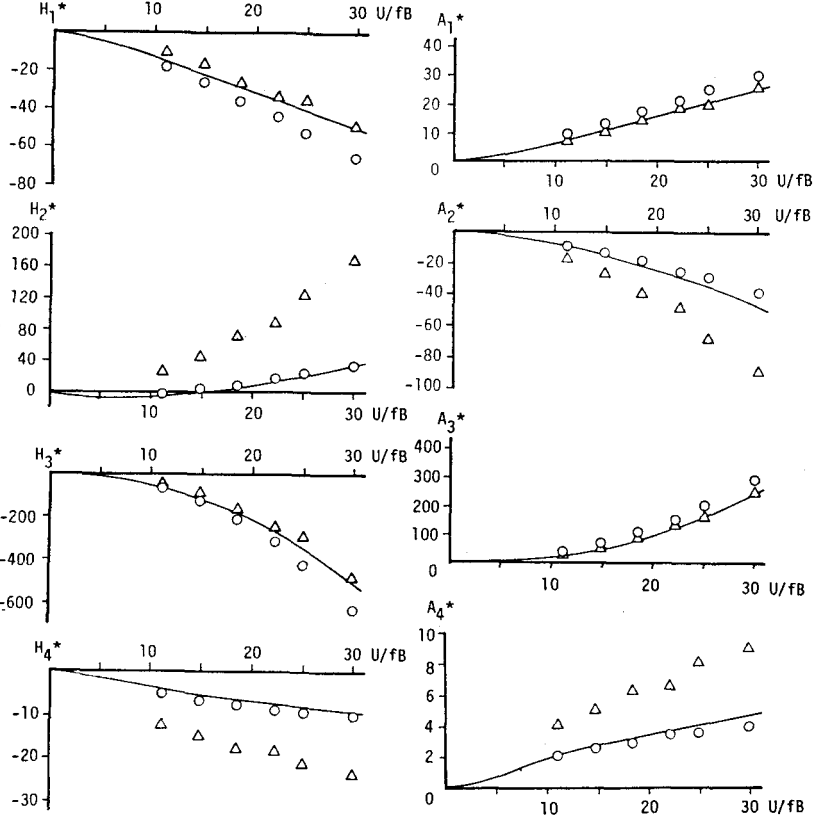


図-1 偏平矩形断面 ($B/D=20$) の非定常空気力特性
 Δ : 離散渦点法による解析値、 $\circ$: 風洞実験値
 ---: Theodorsen関数による理論値

Hiromichi SHIRATO, Masaru MATSUMOTO, Naruhito SHIRAIISHI

離せん断層の不安定性増幅特性が発生メカニズムに重要な要因となる。離散渦点法がこの種の問題に適用可能かを調べるための予備検討として、剥離せん断層に数値的に外的刺激を与えた場合の流れの様子を解析した。図-2にその一例を示す。図は一樣流中の1点に渦点を一定の時間間隔で発生させ、ある時間が経過した後の瞬間的な渦点の空間分布を表し、(a)図は渦点の強さを一定($\Gamma = \Gamma_0$)に保ち、(b)図は渦点の強さに時間的な変動をわずかに与えたもの($\Gamma = \Gamma_0 \cdot (1 + 0.01 \sin 2\pi f_f t)$)、 f_f : 渦点強さに与える変動周波数)を示したものである。自由せん断層を1列の渦点で近似することの妥当性や、卓越周波数に対する検討は今後なされる必要があるものの、このような流れのパターンの変化が観察されたことは、上述の剥離せん断層の不安定性増幅特性との関連性を示すものとも考えられる。

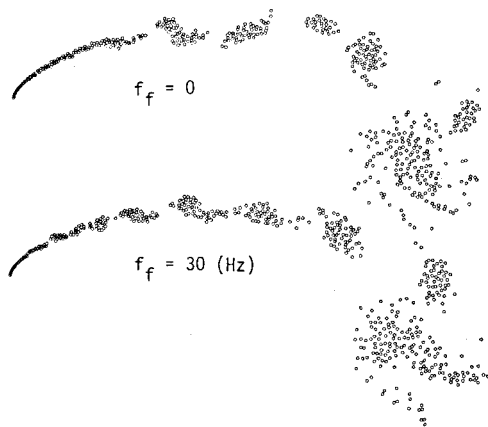


図-2 渦点強さに変動を与えた場合の渦点列パターン

図-3には、断面比 $B/D=4$ の静止矩形断面を対象に、渦点の強さに1%の変動を与えた場合の解析結果の一例を、変動を与えない場合と共に示す。なお、渦点強さの変動は、断面前縁部の上下2つの剥離点で発生した渦点に対して上下逆相となるように与えている。変動を与えない場合のストローハル数は0.116であり、実験値⁵⁾0.125~0.13よりも低い値となった。これらの結果より、断面周囲ならびに後流の流れのパターンは外的な変動およびその周波数により影響を受けることが知られる。

3. まとめ 本研究で得られた結果をまとめれば次のようである。

1) 離散渦点法により求められた曲げねじれ2自由度振動中の偏平矩形断面(断面比 $B/D=20$)の非定常空気力は、一部異なる値を示すものの、定性的には実験値および理論値に比較的近い値を示す。

2) 1列の渦点で近似した自由せん断流れ、および断面比 $B/D=4$ の静止矩形断面を対象に、外的刺激として渦点強さにわずかな変動を与えた結果、変動の周波数により流れのパターンに変化がみられた。このことは剥離せん断層の不安定性増幅問題に対する離散渦点法の適用可能性を示すひとつの結果とも考えられ、今後不安定性増幅を生じる周波数域に対する検討などが必要である。

謝辞 風洞実験ならびに非定常空気力の同定に御協力いただいた重高、新原(京都大学大学院生)および山口(同学部学生)の3君に感謝の意を表する。

参考文献 1)坂田, 足立, 稲室, 機論(B編), 49-440, 1983 2)新井, 田口, 谷, 機論(B編), 53-486, 1987 3)有江, 木谷, 佐々木, 機論(B編), 49-441, 1983 4)Scanlan, Tomko, ASCE, EM, 1971 5)岡島, 日本風工学会誌, 17, 1983

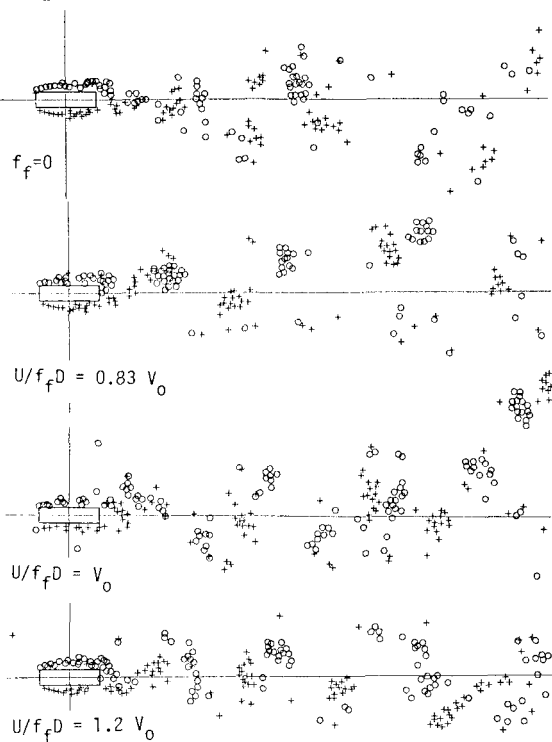


図-3 静止矩形断面($B/D=4$)まわりの流れのパターン ($U_t/B = 89.28$, $V_0 = 1.67B/D$)